

PATENT

Docket No. 11995/2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Kiwamu TANAHASHI et al.
SERIAL NO. : Unassigned
FILED : Herewith
FOR : PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIA AND
MAGNETIC STORAGE APPARATUS USING THE SAME



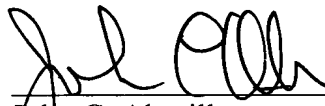
ASSISTANT COMMISSIONER
FOR PATENTS
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119

SIR:

The Convention Priority Date of Japanese Patent Application No. 266093/2000 filed in Japan on September 1, 2000 was claimed in the Declaration/Power of Attorney filed with the application on February 20, 2001. To complete the claim to the Convention Priority Date of said Japanese Patent Application, a certified copy thereof is submitted herewith.

Respectfully submitted,



John C. Altmiller
Reg. No. 25,951

Dated: February 20, 2001

KENYON & KENYON
1500 K Street, N.W., Suite 700
Washington, DC 20005
(T)-(202) 220-4200
(F)-(202) 220-4201

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2000年 9月 1日

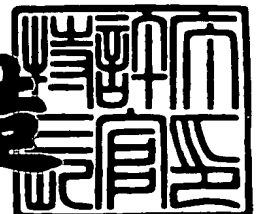
出 願 番 号
Application Number: 特願2000-266093

出 願 人
Applicant (s): 株式会社日立製作所

2001年 1月19日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3113978

【書類名】 特許願

【整理番号】 H001215

【提出日】 平成12年 9月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/66

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 棚橋 究

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 菊川 敦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 本多 幸雄

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 二本 正昭

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社
日立製作所 中央研究所内

【氏名】 石川 晃

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100091096

【弁理士】

【氏名又は名称】 平木 祐輔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015244

【納付金額】 21,000円

【その他】

国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成 1 1 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構（再）委託研究、産業活力再生特別措置法第 3 0 条の適用を受けるもの）

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直磁気記録媒体および磁気記憶装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された Ni を含有する非磁性の非晶質金属層と、該 Ni を含有する非磁性の非晶質金属層上に形成された垂直記録層を有することを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 2】 基板上に形成された軟磁性下地層と、該軟磁性下地層上に形成された Ni を含有する非磁性の非晶質金属層と、該 Ni を含有する非磁性の非晶質金属層上に形成された垂直記録層を有することを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の垂直磁気記録媒体において、前記 Ni を含有する非磁性の非晶質金属層は Zr を含有することを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の垂直磁気記録媒体において、前記 Ni を含有する非晶質金属層は、更に Nb と Ta の少なくとも一方を含有することを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 5】 基板上に形成された、強磁性微結晶を有する軟磁性下地層と、該軟磁性下地層上に非磁性の中間層を介して形成された垂直記録層を有することを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 6】 前記軟磁性下地層は、膜面垂直方向から電子線を入射して測定した透過電子顕微鏡像と、膜面平行方向から電子線を入射して測定した透過電子顕微鏡像とに、微結晶のコントラストが観測されることを特徴とする請求項 5 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 7】 前記軟磁性下地層は、X線入射角度 θ を 2° に固定して測定した薄膜 X 線回折プロファイルに、 $\alpha\text{-Fe}$ の 110、200、211 回折ピークが現れることを特徴とする請求項 5 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 8】 前記軟磁性下地層は、膜面垂直方向から電子線を入射して測定した電子線回折像および膜面平行方向から電子線を入射して測定した電子線回折像に、 $\alpha\text{-Fe}$ の 110、200、211 回折リングが観測されることを特徴

とする請求項 5 に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 9】 前記軟磁性下地層は、第 1 の元素として F e を、第 2 の元素として C または N の少なくとも一方を、第 3 の元素として T a、H f、N b、T i、Z r の中から選択される少なくとも一種の元素を含有することを特徴とする請求項 5 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項 1 0】 F e と T a と C を含有する軟磁性下地層と、該軟磁性下地層上に形成された N i と T a と Z r を含有する非磁性の非晶質中間層と、該非磁性の非晶質中間層上に形成された垂直記録層とを有することを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 1 1】 軟磁性下地層と該軟磁性下地層上に形成された N i を含有する非磁性の非晶質金属層と該 N i を含有する非磁性の非晶質金属層上に形成された垂直記録層とを有する垂直磁気記録媒体と、該垂直磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記垂直磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、前記磁気ヘッドの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行なうための記録再生処理手段を有し、前記磁気ヘッド再生部が磁気抵抗効果もしくは磁気トンネル効果を利用した高感度素子で構成されることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 1 2】 α -F e 微結晶を有する軟磁性下地層と、該軟磁性下地層上に非磁性の中間層を介して形成された垂直記録層を有する垂直磁気記録媒体と、該垂直磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記垂直磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、前記磁気ヘッドの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行なうための記録再生処理手段を有し、前記磁気ヘッド再生部が磁気抵抗効果もしくは磁気トンネル効果を利用した高感度素子で構成されることを特徴とする磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は磁気記憶装置および磁気記録媒体に係り、特に 1 平方インチあたり 50

ギガビット以上の記録密度を有する磁気記憶装置と、これを実現するための磁気記録媒体に関する。

【0002】

【従来技術】

近年、コンピュータの扱う情報量は増加の一途をたどっており、外部記憶装置である磁気ディスク装置には、ますますの大容量化と高速転送化が求められている。現在のところ最高1平方インチあたり10ギガビットクラスの記録密度を持つ磁気ディスク装置が製品化されるに到っている。こうした磁気ディスク装置は面内記録方式を採用しているが、記録密度が高まるにつれ、微小化した記録ビットが持つ磁気エネルギーが減少し、ビット境界に働く反磁界と周囲の熱により記録された磁化が反転してしまう、いわゆる熱揺らぎの影響が顕著になったきた。このため、従来からのCo合金系記録層を用いた面内記録方式では、1平方インチあたり40ギガビットを超える面記録密度を達成することが困難と考えられている。

【0003】

一方、垂直記録方式は、記録媒体膜面に垂直に、かつ隣り合う記録ビットが互いに反平行になるように磁化を形成する磁気記録方式であり、面内記録方式と異なりビット境界の反磁界が小さく、高密度記録ほど磁化が安定に保たれる特性がある。このため垂直記録方式は、現行の面内記録方式の熱揺らぎ限界を超える高記録密度を達成するための有力な手段の一つと考えられている。垂直記録方式で用いられる媒体は、基板上に非磁性の下地層を介して垂直記録層を形成した単層垂直記録媒体と、基板上に軟磁性の下地層を形成し、この上に直接もしくは非磁性の中間層を介して垂直記録層を形成した二層垂直記録媒体がある。単層垂直記録媒体では、一般的に現行の面内記録媒体と同じリング型ヘッドが用いられるが、垂直記録磁界の勾配が急峻でないため、記録分解能が伸びない問題がある。一方、二層垂直記録媒体では、強い垂直記録磁界と急峻な磁界勾配が得られる単磁極型ヘッドを利用でき、単層垂直媒体に比べ記録分解能が伸びる利点がある。こうした理由により、二層垂直記録媒体と単磁極型ヘッドとの組み合わせが、垂直記録方式を実用化する上で有効と考えられている。

【0004】

二層垂直記録媒体は高い記録分解能が得られる反面、単層垂直記録媒体でも見られる記録層に起因するノイズに加え、軟磁性下地層に起因するノイズが問題となる。このノイズは大別して、軟磁性下地層の磁壁から発生するスパイク状のノイズと、軟磁性下地層の磁化状態により記録層の磁化遷移が揺らぐ、いわゆる遷移性ノイズがある。前者のスパイクノイズに関しては、例えば特開平7-129946号公報、特開平11-191217号公報に開示されているように、軟磁性下地層と基板の間に硬磁性ピニング層を設け、軟磁性下地層の磁区構造を制御し、スパイクノイズを低減する方法がある。一方、後者の遷移性ノイズは、記録層自体の結晶配向や結晶粒径および磁氣的相互作用の大きさ等に起因する遷移性ノイズとの重ね合せて観察されるため、軟磁性下地層の磁化状態が、記録層の磁化遷移の揺らぎにどの程度影響を及ぼしているかの詳細は明らかになっていない。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

面内記録方式の熱揺らぎ限界を超える記録密度で、二層垂直媒体と単磁極ヘッドとの組み合わせによる垂直記録方式が適用されることを考慮すると、記録層起因の媒体ノイズと軟磁性下地層起因の媒体ノイズの両方を低減する必要がある。

本発明は、上記課題を解決するためになされたものである。より具体的には、1平方インチあたり50ギガビット以上の記録密度で高い媒体S/Nを有する垂直磁気記録媒体を提供し、高密度磁気記憶装置の実現を容易ならしめることを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

記録層起因の媒体ノイズの低減は、基板上に軟磁性下地層、中間層、垂直記録層を順次積層してなる垂直磁気記録媒体において、前記中間層をNiを主成分として、Zrを含有する非磁性の非晶質合金とすることで達成される。ここで、非晶質とは、薄膜X線回折によりブロードな散乱が観察されること、または、電子線回折によりハローパターンが観察されることを指す。

【 0 0 0 7 】

これまで単層垂直記録媒体において、垂直記録層の垂直配向性を改善するため

に垂直記録層と基板との間に非磁性材料の下地層を設ける方法が検討されてきた。例えば、特開昭58-77025号公報、特開昭58-141435号公報にはCoCr垂直記録層の下地層としてTiを用いる方法が、特開昭60-214417号公報には下地層としてGe、Siを用いる方法が、特開昭60-064413号公報には下地層としてCoO、NiO等の酸化物を用いる方法が、あるいは特開2000-30236号公報にはMgOを用いる方法が開示されている。

【0008】

本発明者らが、こうした非磁性下地材料を二層垂直記録媒体の中間層に適用することを検討したところ、種々の問題点が明らかとなった。二層垂直記録媒体では、軟磁性下地層の上に中間層を形成するため、軟磁性下地層として、NiFeやFeAlSi等の多結晶材料を使う場合と、CoNbZr、CoTaZr等の非晶質材料を使う場合で、中間層の微細構造が影響を受け、その結果、垂直記録層の結晶配向性および磁気特性が大幅に変化する。例えば、Tiを中間層に用いた場合、非晶質の軟磁性下地層の上では比較的良好な特性を示すものの、多結晶の軟磁性下地層の上では、垂直記録層の結晶配向性が劣化し、十分な磁気特性が得られない傾向がある。また、二層垂直記録媒体では、記録および再生効率を高めるため、中間層の膜厚を薄くすることが有効であるが、例えばGe等の非晶質材料を中間層に用いた場合、界面で容易に拡散が起こるため、中間層の薄膜化が困難である。

【0009】

本発明者らは、軟磁性下地層と垂直記録層の間に形成する中間層材料を種々検討したところ、Niを主成分とし、Zrを含有する非磁性の非晶質合金を用いた場合、軟磁性下地層の微細構造が多結晶、非晶質にかかわらず、垂直記録層の垂直配向性が強く、かつ、微細な粒径が得られることを見出した。NiZr系合金中間層の組成は、非磁性で非晶質であれば上記効果が得られるが、Nb、Taのうち少なくとも一種の元素を添加することで、幅広い製膜プロセス条件において非磁性で非晶質な中間層を形成することができる。本発明の中間層を用いると、中間層膜厚による磁気特性の変化が小さく、膜厚が2nmと薄い場合でも磁気特性の劣化が見られない。すなわち、軟磁性下地層の構造および磁性が垂直記録層に及ぼす影響を効率良く断ち切ることができる。この理由としては、本発明の中間層材料は、

Ge、SiあるいはC等の非晶質材料に比べ界面拡散が小さく、かつ、被覆率が高い
ためと考えられる。中間層の膜厚は、軟磁性下地層と垂直記録層の磁気的な結合
を切り、かつ、記録・再生効率を高める上で、2nm以上、20nm以下とすることが
好ましい。また、本発明の中間層材料は、単層垂直記録媒体の下地層に用いるこ
ともできる。

【 0 0 1 0 】

軟磁性下地層起因の媒体ノイズの低減は、基板上に軟磁性下地層、中間層、垂
直記録層を順次積層してなる垂直磁気記録媒体において、軟磁性下地層を熱処理
により析出した強磁性微結晶により構成することで達成される。

【 0 0 1 1 】

これまで軟磁性下地層の材料としては、NiFe、FeAlSi等の多結晶材料や、CoNb
Zr、CoTaZr等の非晶質材料が提案されている。本発明者らは、膜形成時には実質
的に非晶質であり、飽和磁束密度が小さいが、熱処理を施すことで強磁性の微結
晶が析出し、高い飽和磁束密度が得られる材料を軟磁性下地層に用いることで、
従来の軟磁性下地層材料で見られるスパイク状のノイズを低減でき、さらに、軟
磁性下地層起因の遷移性ノイズも低減できることを見出した。析出する強磁性微
結晶としては、 α -Fe、fcc-Co、hcp-Coの何れであっても効果があるが、容易に
低い保磁力と高い飽和磁束密度が得られる点で α -Feが最も望ましい。例えば α -
Feの微結晶を析出させた軟磁性下地層を採用する場合、軟磁性下地層材料として
は、 α -Feの微結晶が析出する材料であれば、特に元素と組成を限定するもので
はないが、具体例を挙げればFe-Ta-C合金、Fe-Hf-C合金、Fe-Zr-C合金、Fe-Nb-C
合金、Fe-Ti-C合金等を用い、その材料に合せた熱処理を施すことにより、微細
な α -Fe結晶を均一に析出させることができる。また、Fe-Ta合金やFe-Hf合金をA
r/N₂混合ガス中でスパッタリング製膜することでも α -Feの微結晶を得ることが
できる。

【 0 0 1 2 】

一般的に述べると、軟磁性下地層は、第1の元素としてF eを、第2の元素と
してCまたはNの少なくとも一方を、第3の元素としてT a、H f、N b、T i
、Z rの中から選択される少なくとも一種の元素を含有するものとすることがで

きる。こうして作製した軟磁性下地層はそのまま用いてもスパイク状のノイズは小さいが、軟磁性下地層と基板との間に、層間の反強磁性結合もしくは強磁性結合を利用したピニング層を設け、軟磁性下地層の磁区制御をすることは、さらなるスパイクノイズ低減に有効である。

【 0 0 1 3 】

本発明の垂直磁気記録媒体に用いる垂直記録層としては、Co-Cr-Pt合金、Co-Cr-Pt-Ta合金、Co-Cr-Pt-B合金等を用いることができる。垂直記録層の保護層としては、カーボンを主成分とする厚さ3nm以上、10nm以下の膜を形成し、更にパーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を1nm以上、10nm以下の厚さで形成することにより、信頼性の高い垂直磁気記録媒体が得られる。

【 0 0 1 4 】

本発明の磁気記憶装置は、前述した垂直磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、磁気ヘッドを垂直磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、磁気ヘッドの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行なうための記録再生処理手段を有する磁気記憶装置において、磁気ヘッドの再生部を巨大磁気抵抗効果もしくは磁気トンネル効果を利用した高感度素子で構成する。これにより、1平方インチあたり50ギガビット以上の記録密度で高い信頼性を有する磁気記憶装置を実現することができる。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

〔実施例 1〕

図 1 に、本実施例の磁気記録媒体の層構成を示す。基板 1 1 にはアルカリ洗浄した2.5インチ型のガラス基板を用い、軟磁性下地層 1 2、中間層 1 3、垂直記録層 1 4、保護層 1 5 をDCマグネトロンスパッタリング法により順次形成した。軟磁性下地層 1 2 には、Fe-8at%Ta-12at%Cターゲットを、中間層 1 3 にはNi-37.5at%Ta-10at%Zrターゲットを、垂直記録層 1 4 にはCo-22at%Cr-10at%Ptターゲット、Co-22at%Cr-12at%PtターゲットおよびCo-22at%Cr-14at%Ptターゲットを、保護層 1 5 にはカーボンターゲットをそれぞれ用いた。製膜条件は、Arガス圧を0.

5Paとし、軟磁性下地層 1 2 を形成後、赤外線ランプヒーターにより、1600wで12 sの熱処理（基板到達温度：約450-500℃）を行なった。垂直記録層 1 4 形成時の基板温度は約270℃であった。各層の膜厚はそれぞれ、軟磁性下地層 1 2 が474nm、中間層 1 3 が2nmから30nm、垂直記録層 1 4 が20nm、保護層 1 5 が5nmである。潤滑層 1 6 は、パーフルオロアルキルポリエーテル系の材料をフルオロカーボン材料で希釈し塗布した。

【 0 0 1 6 】

また、比較例 1 として、図 2 に示すように軟磁性下地層 1 2 上に直接垂直記録層 1 4 を形成した媒体を本実施例と同様な製膜条件で作製した。図 2 において、図 1 に示した層と対応する層には同じ番号を付して示した。更に、比較例 2 として本実施例と同様な層構成で中間層 1 3 にTi-10at%Crターゲットを用いた媒体を本実施例と同様な製膜条件で作製した。

【 0 0 1 7 】

まず、Fe-8at%Ta-12at%Cターゲットを用いてガラス基板上に軟磁性下地層のみを形成した試料を用いて、薄膜X線回折法（Cu-K α 線使用、X線入射角度 θ ：2deg）および透過型電子顕微鏡（TEM）によりFeTaC膜の微細構造を調べた。

薄膜X線回折法による分析の結果、図 3 に示すように、熱処理前では43度付近にブロードな散乱が見られたが、熱処理後では α -Feの110回折ピーク、200回折ピークおよび211回折ピークが確認できた。

【 0 0 1 8 】

図 4 はTEMによる観察結果を示し、図 4 (a)(c)(e)はTEMの明視野像、図 4 (b)(d)(f)は電子線回折パターンを表す。図 4 (a)(b)は熱処理前の観察結果、図 4 (c)(d)は熱処理後のFeTaC膜を膜面に垂直方向から電子線を入射して観察した結果、図 4 (e)(f)は熱処理後のFeTaC膜を膜面に平行方向から電子線を入射して観察した結果である。

【 0 0 1 9 】

図示するように、熱処理前では平面TEMの明視野像（図 4 (a)）にはコントラストがなく、電子線回折パターン（図 4 (b)）はハローであったが、熱処理後では明視野像（図 4 (c)）には微結晶のコントラストが見られ、電子線回折パターン

(図 4 (d)) には α -Fe の 110 回折リング、200 回折リング、211 回折リングが見られた。更に熱処理後の FeTaC 膜の断面を TEM により観察したところ、平面 TEM の明視野像と同様な微結晶のコントラスト (図 4 (e)) が見られ、電子線回折パターン (図 4 (f)) には α -Fe の 110 回折リング、200 回折リング、211 回折リングが見られた。

【 0 0 2 0 】

以上の結果より、軟磁性下地層として用いた FeTaC 膜は、膜形成時には非晶質であり、熱処理により α -Fe 微結晶が析出した微細構造となることがわかる。こうした微細構造を有する FeTaC 膜の飽和磁束密度 (Bs) は、熱処理前では 0.5 テスラ (T) であったが、熱処理後には 1.6 T と大幅に増加した。この Bs の変化は、熱処理により飽和磁化の大きな α -Fe 微結晶が析出したことによる。なお、本実施例で用いた熱処理は、 α -Fe 微結晶を析出させるためのものであり、その条件は軟磁性下地層に用いる材料および組成に依存する。

【 0 0 2 1 】

図 5 に、垂直記録層として Co-22at%Cr-14at%Pt 膜を用いた本実施例の媒体と比較例 1 の媒体の垂直保磁力 (Hc) を Kerr 効果型磁力計で測定した結果を示す。軟磁性下地層の上に直接垂直記録層を形成した比較例 1 の媒体では、Hc が約 1.2 kOe と低かったが、本実施例の媒体では、膜厚が 2 nm の中間層を形成することにより Hc が約 2.8 kOe と高い値が得られ、中間層の膜厚による Hc の変化は小さかった。中間層の膜厚を 5 nm とした本実施例の媒体の結晶配向性を X 線回折法により調べたところ、図 6 に示すように θ - 2θ スキャンでは CoCrPt 膜の強い 0002 回折ピークが観察され、 θ スキャンより求めた Co 0002 回折ピークの $\Delta\theta_{50}$ は 4.4 度であった。比較例 1 および 2 の媒体でも CoCrPt 膜の 0002 回折ピークが観察されたが、そのピーク強度は本実施例の媒体に比べ小さく、また、 $\Delta\theta_{50}$ は本実施例の媒体に比べ大きかった。このように中間層に膜厚が 5 nm の NiTaZr 膜を用いることで、垂直記録層の垂直配向性を高めることができ、その結果、強い垂直磁気異方性が得られる。なお、ここでは垂直記録層として Co-22at%Cr-14at%Pt 膜を例に説明したが、Co-22at%Cr-12at%Pt 膜および Co-22at%Cr-10at%Pt 膜を用いた場合でも同様な結果が得られた。

【 0 0 2 2 】

次に、このようなNiTaZr膜の優れた特性の要因を明らかにするため、ガラス基板上にNiTaZr膜のみを形成した試料を用い、薄膜X線回折法（Cu-K α 線使用、X線入射角度 θ ：2deg）および原子間力顕微鏡（AFM）によりNiTaZr膜の微細構造を調べた。図7に示すように、NiTaZr膜は41度付近に非晶質特有のブロードな散乱が見られ、表面形態は粒子状の凹凸が観察されず平坦であった。こうしたNiTaZr膜の微細構造が、垂直記録層の垂直配向性向上に寄与したと考えられる。

【 0 0 2 3 】

本実施例の媒体と比較例2の媒体の記録再生特性を、記録再生分離型の磁気ヘッドを用いて評価した。記録用のリングヘッドのギャップ長は0.3 μ m、記録トラック幅は1.7 μ m、再生用のGMRヘッドのシールド間隔は0.16 μ m、再生トラック幅は1.3 μ m、浮上量は20nmとした。20kFCIの再生出力(S1f)と200kFCIの媒体ノイズ(N)を用い、その比(S1f/N)で媒体S/Nを評価した。結果を表1に示す。

【 0 0 2 4 】

【表1】

	中間層のターゲット組成	垂直記録層のターゲット組成	媒体 S/N(dB)
実施例 1	Ni-37.5at%Ta-10at%Zr	Co-22at%Cr-10at%Pt	29.6
実施例 1	Ni-37.5at%Ta-10at%Zr	Co-22at%Cr-12at%Pt	30.6
実施例 1	Ni-37.5at%Ta-10at%Zr	Co-22at%Cr-14at%Pt	30.8
比較例 2	Ti-10at%Cr	Co-22at%Cr-10at%Pt	20.1
比較例 2	Ti-10at%Cr	Co-22at%Cr-12at%Pt	23.8
比較例 2	Ti-10at%Cr	Co-22at%Cr-14at%Pt	30.6

【 0 0 2 5 】

表1から明らかなように、本実施例の媒体は、垂直記録層の組成によらず良好な媒体S/Nが得られたが、比較例2の媒体は垂直記録層にCo-22at%Cr-14at%Pt膜を用いた場合以外は、媒体S/Nが大幅に劣化した。このように、中間層に非晶質のNiTaZr膜を用いることにより、垂直記録層に用いる材料の選択肢が増える。

【 0 0 2 6 】

垂直記録層にCo-22at%Cr-14at%Pt膜を用いた本実施例の媒体と、記録用にトラ

ック幅が $0.25\mu\text{m}$ の単磁極ヘッド、再生用にシールド間隔が $0.08\mu\text{m}$ でトラック幅が $0.22\mu\text{m}$ のGMRヘッドを用いて、ヘッド浮上量が 10nm の条件で記録再生を行なった。信号の再生波形をEEPR4系の信号処理回路を通してエラーレート評価を行なったところ、面記録密度 50Gb/in^2 の条件で 10^{-6} 以下のエラーレート値が得られた。なお、この評価に用いた記録再生分離型ヘッドは、図8に示すように主磁極81、記録コイル82、補助磁極兼上部シールド83、GMR素子84および下部シールド85を有してなる周知の構成を持つものである。

【0027】

〔実施例2〕

実施例1と同様な層構成（図1参照）で、中間層13を形成後、99%Ar-1% O_2 混合ガスの雰囲気（ $0.36\text{Pa}\sim 3.6\text{Pa}$ ）に5秒間曝し、その後、垂直記録層14、保護層15をDCマグネトロンスパッタリング法により順次形成した。軟磁性下地層12には、Fe-8at%Ta-12at%Crターゲットを、中間層13にはNi-37.5at%Ta-10at%Zrターゲットを、垂直記録層14にはCo-22at%Cr-14at%Ptターゲットを、保護層15にはカーボンターゲットをそれぞれ用いた。製膜条件および各層の膜厚は、中間層を 5nm と固定した以外は実施例1と同様である。

本実施例の媒体を、実施例1と同様な条件（リングヘッド記録／GMR再生）で記録再生特性を評価した。結果を表2に示す。

【0028】

【表2】

	Ar/ O_2 混合ガス 流量(sccm)	Ar/ O_2 混合ガス 圧力(Pa)	媒体 S/N (dB)
実施例2	10	0.36	31.3
実施例2	30	1.1	31.7
実施例2	100	3.6	31.3

【0029】

本実施例の媒体は実施例1の媒体に比べ媒体S/Nが向上することが確認できた。これは、NiTaZr膜表面のZrが選択的に酸化され、その部分が粒径肥大化を抑制

するサイトとして働き、垂直記録層の粒径が微細化したためと考えられる。

【 0 0 3 0 】

99%Ar-1% O_2 混合ガスの圧力を1.1Paとした本実施例の媒体と、記録用にトラック幅が $0.25\mu m$ の単磁極ヘッド、再生用にシールド間隔が $0.08\mu m$ でトラック幅が $0.22\mu m$ のGMRヘッドを用いて、磁気スペーシングが20nmの条件で記録再生を行なった。信号の再生波形をEEPR系の信号処理回路を通してエラーレート評価を行なったところ、面記録密度60Gb/in²の条件で 10^{-6} 以下のエラーレート値が得られた。

【 0 0 3 1 】

〔実施例 3〕

実施例 1 と同様な層構成（図 1 参照）で、軟磁性下地層 1 2 には、Fe-8at%Ta-12at%Cターゲット、Fe-8at%Hf-12at%Cターゲット、Fe-10at%Nb-12at%Cターゲット、Fe-13at%Ti-12at%CターゲットおよびFe-8at%Zr-12at%Cターゲットを、中間層にはNi-13.5at%Nb-10at%Zrターゲットを、垂直記録層にはCo-22at%Cr-14at%Ptターゲットを、保護層にはカーボンターゲットをそれぞれ用いた。製膜条件、各層の膜厚および潤滑層 1 6 は実施例 1 と同様である。

【 0 0 3 2 】

ガラス基板上に軟磁性下地層のみ形成した試料を用いて薄膜X線回折法（Cu-K α 線使用、X線入射角度 θ ：2deg）により結晶性を調べた。熱処理前ではいずれの試料も非晶質特有のブロードな散乱のみが見られたが、熱処理後ではいずれの試料も α -Feの110回折ピーク、200回折ピークおよび211回折ピークが確認できた。すなわち、本実施例の軟磁性下地層に用いた材料は、実施例 1 で示したFeTaC膜と同様に、膜形成時には非晶質であり、熱処理により α -Fe微結晶が析出した微細構造となることがわかる。

【 0 0 3 3 】

次に本実施例の媒体の結晶配向性をX線回折法により調べたところ、軟磁性下地層材料にかかわらず、 θ -2 θ スキャンではCoCrPt膜の強い0002回折ピークが観察された。一方、中間層として用いたNiNbZr膜の薄膜X線回折パターン（Cu-K α 線使用、X線入射角度 θ ：2deg）には、実施例 1 のNiTaZr膜と同様に非晶質特有

のブロードな散乱が見られた。このように、非晶質構造を有するNiNbZr膜を中間層に用いることは、垂直記録層の垂直配向性向上に有効である。

【 0 0 3 4 】

実施例 1 と同様な条件（リングヘッド記録／GMR再生）で本実施例の媒体の記録再生特性を評価した。結果を表 3 に示す。軟磁性下地層にFeTiC膜を用いた場合に媒体S/Nがやや低いものの、実施例 1 の媒体とほぼ同等な媒体S/Nが得られた。

【 0 0 3 5 】

【表 3】

	軟磁性下地層のターゲット組成	媒体 S/N(dB)
実施例 3	Fe-8at%Ta-12at%C	30.6
実施例 3	Fe-8at%Hf-12at%C	30.7
実施例 3	Fe-10at%Nb-12at%C	30.4
実施例 3	Fe-13at%Ti-12at%C	28.6
実施例 3	Fe-8at%Zr-12at%C	30.4

【 0 0 3 6 】

軟磁性下地層にFeHfC膜を用いた本実施例の媒体と、記録用にトラック幅が0.25 μ mの単磁極ヘッド、再生用にシールド間隔が0.08 μ mでトラック幅が0.22 μ mのGMRヘッドを用いて、ヘッド浮上量が10nmの条件で記録再生を行なった。信号の再生波形をEEPR4系の信号処理回路を通してエラーレート評価を行なったところ、面記録密度50Gb/in²の条件で10⁻⁶以下のエラーレート値が得られた。

【 0 0 3 7 】

〔実施例 4〕

実施例 1 と同様な層構成（図 1 参照）で、軟磁性下地層 1 2 には、Fe-10at%TaターゲットおよびFe-10at%Hfターゲットを、中間層にはNi-37.5at%Ta-10at%Zrターゲットを、垂直記録層にはCo-22at%Cr-14at%Ptターゲットを、保護層にはカーボンターゲットをそれぞれ用いた。ここで、軟磁性下地層 1 2 は、90%Ar-10%N₂混合ガスを用い、ガス圧0.5Paの条件で、反応性スパッタリングにより形成した。その他の製膜条件および各層の膜厚および潤滑層 1 6 は実施例 1 と同様である。

。また、比較例 3 として、95%Ar-5%N₂混合ガスを用い軟磁性下地層を形成した媒体を本実施例と同様な製膜条件で作製した。

【 0 0 3 8 】

ガラス基板上に軟磁性下地層のみ形成した試料を用いて薄膜 X 線回折法 (Cu-K α 線使用、X 線入射角度 θ : 2deg) により結晶性を調べた。90%Ar-10%N₂混合ガスを用いた場合には、熱処理前では FeTaN 膜と FeHfN 膜はともに非晶質特有のブロードな散乱のみで、熱処理後、 α -Fe の 110 回折ピーク、200 回折ピークおよび 211 回折ピークが確認できた。一方、95%Ar-5%N₂混合ガスを用いた場合には、熱処理前に FeTaN 膜も FeHfN 膜も α -Fe の 110 回折ピークが見られ、膜形成時に結晶化していた。このように、Ar-N₂混合ガスを用いた反応性スパッタリング法により形成した膜の熱処理前の微細構造は、Ar-N₂混合ガスの N₂濃度を高めることで結晶質から非晶質に変化する。

【 0 0 3 9 】

実施例 1 と同様な条件 (リングヘッド記録/GMR再生) で本実施例の媒体と比較例 3 の媒体の記録再生特性を評価した。結果を表 4 に示す。本実施例の媒体では、実施例 1 および実施例 3 の媒体とほぼ同等な媒体 S/N が得られたが、比較例 3 の媒体では媒体 S/N が大幅に劣化した。この結果より、軟磁性下地層としては、膜形成時には非晶質であり、熱処理により α -Fe 微結晶が析出した微細構造を持つことが、媒体 S/N を向上させる上で有効と考えられる。

【 0 0 4 0 】

【表 4】

	軟磁性下地層の ターゲット組成	Ar/N ₂ 混合ガス 組成	媒体 S/N(dB)
実施例 4	Fe-10at%Ta	90%Ar-10%N ₂	30.2
実施例 4	Fe-10at%Hf	90%Ar-10%N ₂	29.8
比較例 3	Fe-10at%Ta	95%Ar-5%N ₂	24.5
比較例 3	Fe-10at%Hf	95%Ar-5%N ₂	24.2

【 0 0 4 1 】

軟磁性下地層に FeTaN 膜を用いた本実施例の媒体と、記録用にトラック幅が 0.2

5 μm の単磁極ヘッド、再生用にシールド間隔が0.08 μm でトラック幅が0.22 μm のGMRヘッドを用いて、ヘッド浮上量が10nmの条件で記録再生を行なった。信号の再生波形をEEPR4系の信号処理回路を通してエラーレート評価を行なったところ、面記録密度50Gb/in²の条件で10⁻⁶以下のエラーレート値が得られた。

【 0 0 4 2 】

〔実施例 5〕

本発明による磁気記憶装置を図9により説明する。図9(a)は磁気記憶装置の平面模式図、図9(b)はそのA-A'断面模式図である。この装置は、垂直磁気記録媒体91と、これを回転駆動する駆動部92と、磁気ヘッド93およびその駆動手段94と、前記磁気ヘッドの記録再生信号処理手段95を有してなる周知の構成を持つ磁気記憶装置である。前記磁気ヘッドは磁気ヘッドスライダの上に形成された記録再生分離型の磁気ヘッドである。単磁極型の記録ヘッドのトラック幅は0.25 μm 、再生用のGMRヘッドのシールド間隔は0.08 μm 、トラック幅は0.22 μm である。

【 0 0 4 3 】

実施例1においてCo-22at%Cr-14at%Pt垂直記録層を用いた媒体を上記磁気記憶装置に組み込んでヘッド浮上量10nm、線記録密度590kBPI、トラック密度89kTPIの条件で記録再生特性を評価したところ、10℃から50℃の温度範囲において、52.5Gb/in²の面記録密度の記録再生特性仕様を十分満たした。

【 0 0 4 4 】

〔実施例 6〕

実施例6の磁気記憶装置と同様な構成で、再生ヘッドに磁気トンネル効果を利用した高感度素子を用いた磁気記憶装置に、実施例2において99%Ar-1%O₂混合ガスの圧力を1.1Paとした媒体を組み込んでヘッド浮上量10nm、線記録密度674kBPI、トラック密度89kTPIの条件で記録再生特性を評価したところ、10℃から50℃の温度範囲において、60Gb/in²の面記録密度の記録再生特性仕様を十分満たした。なお、この評価に用いた磁気トンネル効果を利用した高感度素子は、図10に示すように上部電極101、反強磁性層102、磁化固定層103、絶縁層104、磁化自由層105および下部電極106を有してなる周知の構成を持つもので

ある。

【 0 0 4 5 】

【発明の効果】

本発明によると、1平方インチあたり50ギガビット以上の記録密度でエラーレートの低い信頼性に優れた磁気記憶装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施例の垂直磁気記録媒体の層構成を示す図。

【図 2】

比較例の垂直磁気記録媒体の層構成を示す図。

【図 3】

FeTaC膜の薄膜X線回折パターンを示す図。

【図 4】

FeTaC膜の平面TEM像と電子線回折パターンを示す図。

【図 5】

垂直保磁力と中間層膜厚との関係を示す図。

【図 6】

垂直磁気記録媒体のX線回折パターン（ $\theta-2\theta$ スキャン）を示す図。

【図 7】

NiTaZr膜の薄膜X線回折パターンを示す図。

【図 8】

記録再生分離型ヘッドの断面模式図。

【図 9】

磁気記憶装置の平面模式図およびそのA-A' 縦断面図。

【図 1 0】

磁気トンネル効果を利用した高感度素子の層構成例を示す図。

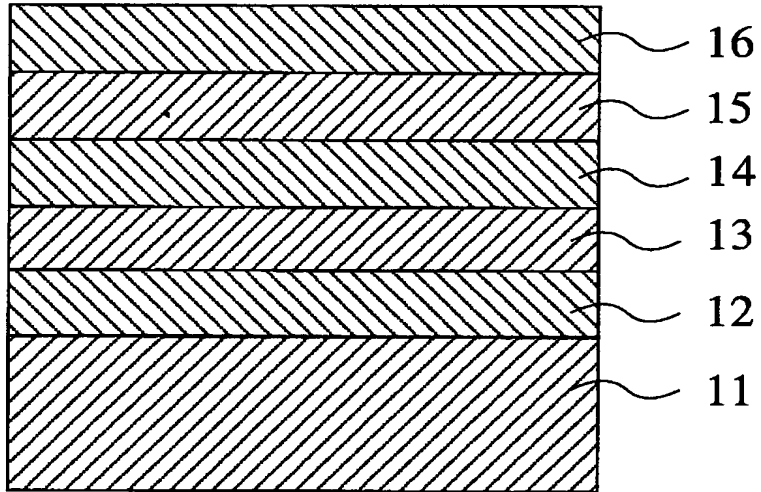
【符号の説明】

1 1 …基板、1 2 …軟磁性下地層、1 3 …中間層、1 4 …垂直記録層、1 5 …保護層、1 6 …潤滑層、8 1 …主磁極、8 2 …記録コイル、8 3 …補助磁極兼上

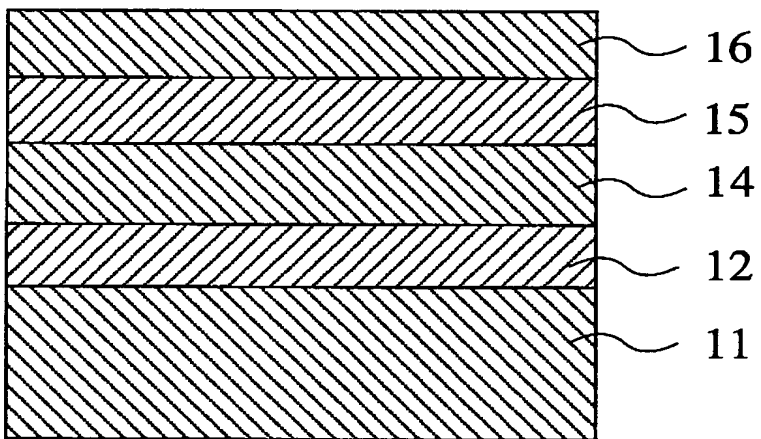
部シールド、84…GMR素子、85…下部シールド、91…垂直磁気記録媒体、92…磁気記録媒体駆動部、93…磁気ヘッド、94…磁気ヘッド駆動部、95…記録再生処理系、101…上部電極、102…反強磁性層、103…磁化固定層、104…絶縁層、105…磁化自由層、106…下部電極

【書類名】 図面

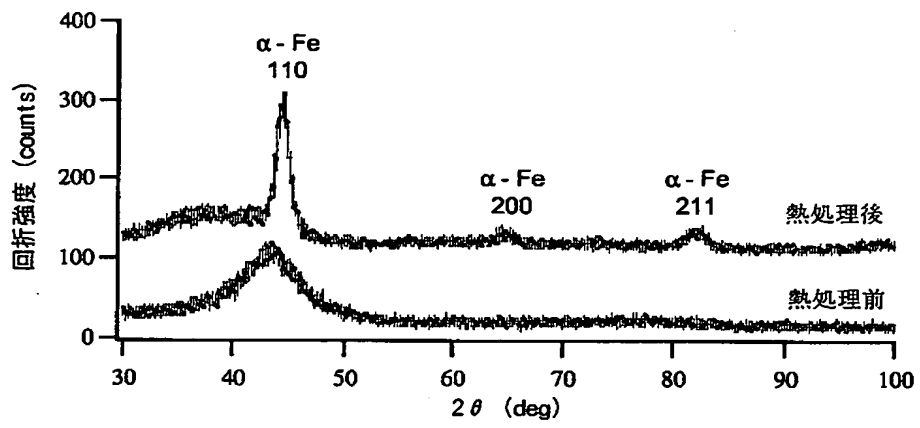
【図 1】



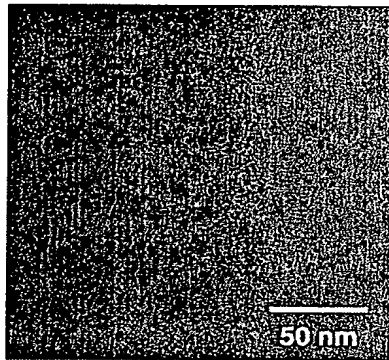
【図 2】



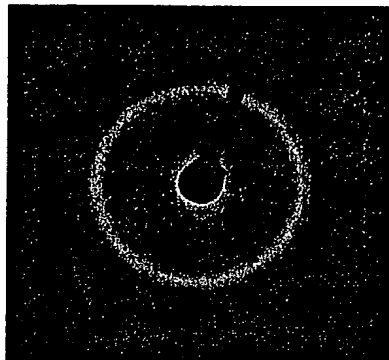
【図 3】



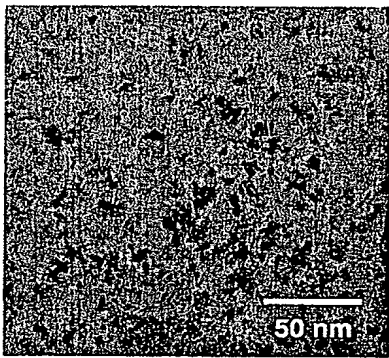
【図 4】



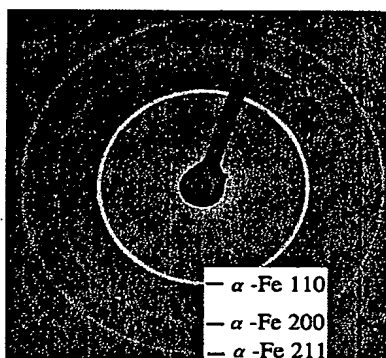
(a)



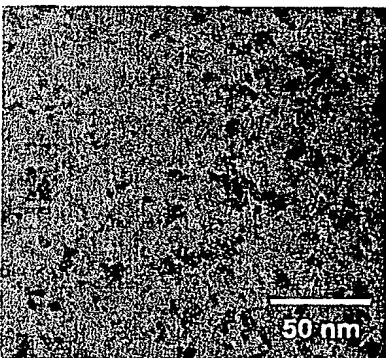
(b)



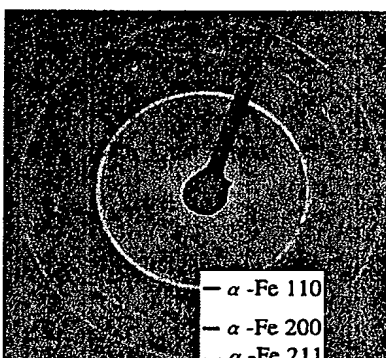
(c)



(d)

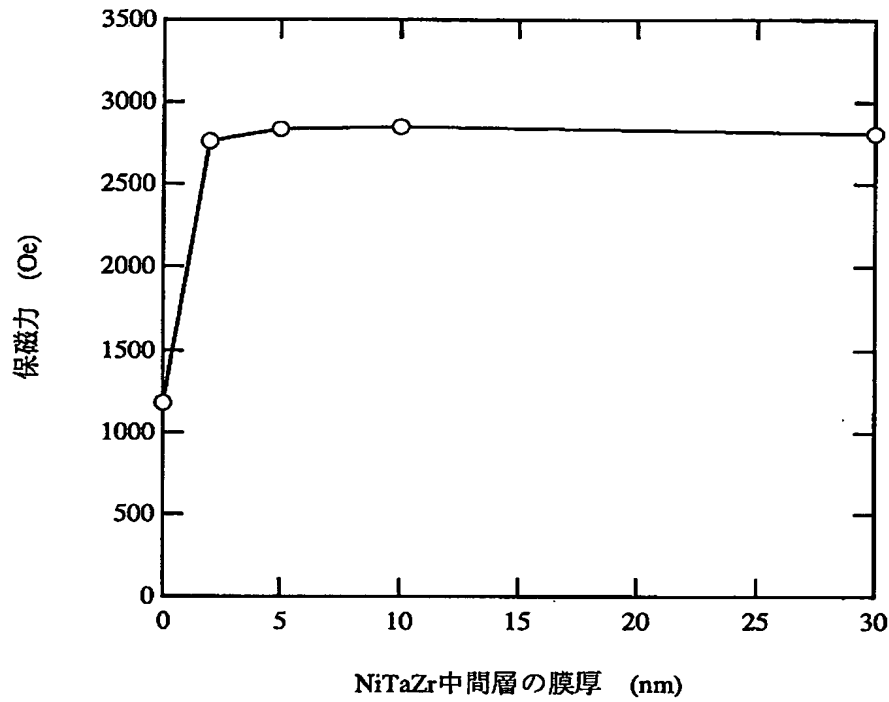


(e)

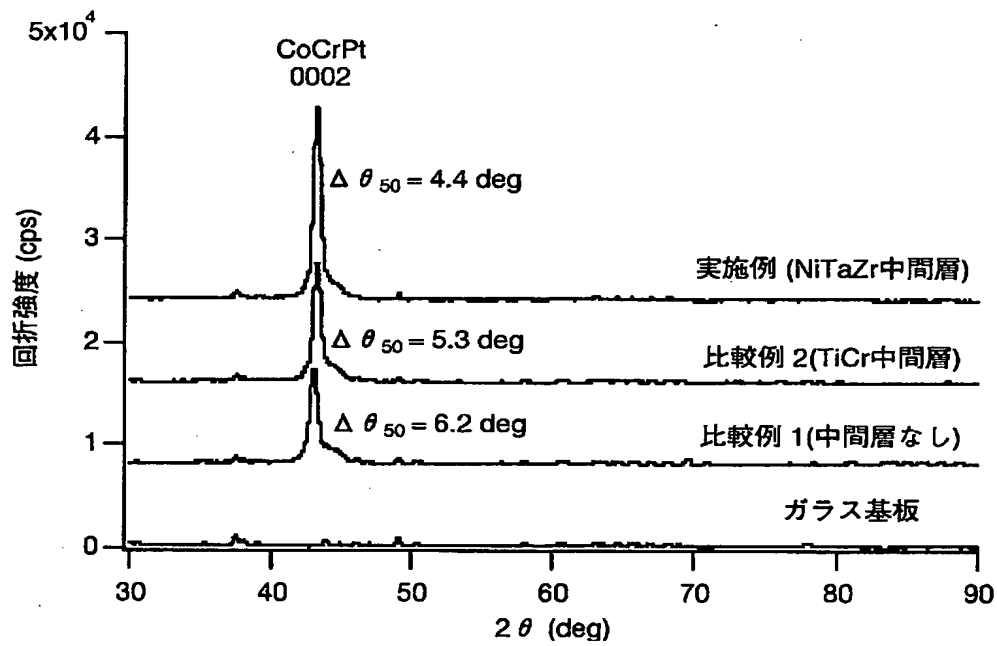


(f)

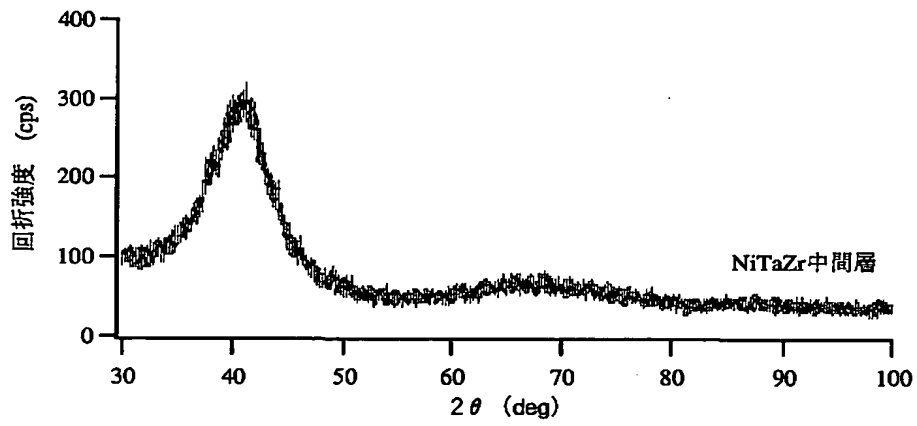
【図 5】



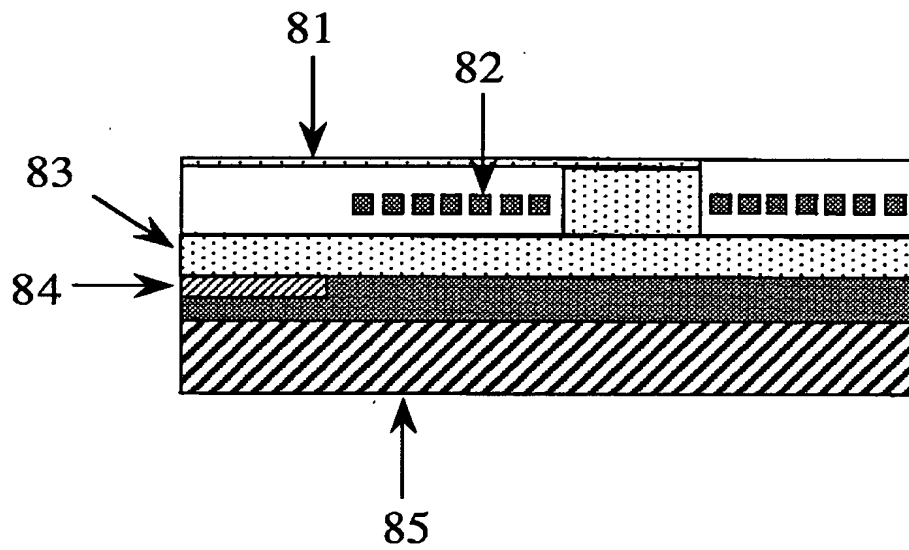
【図 6】



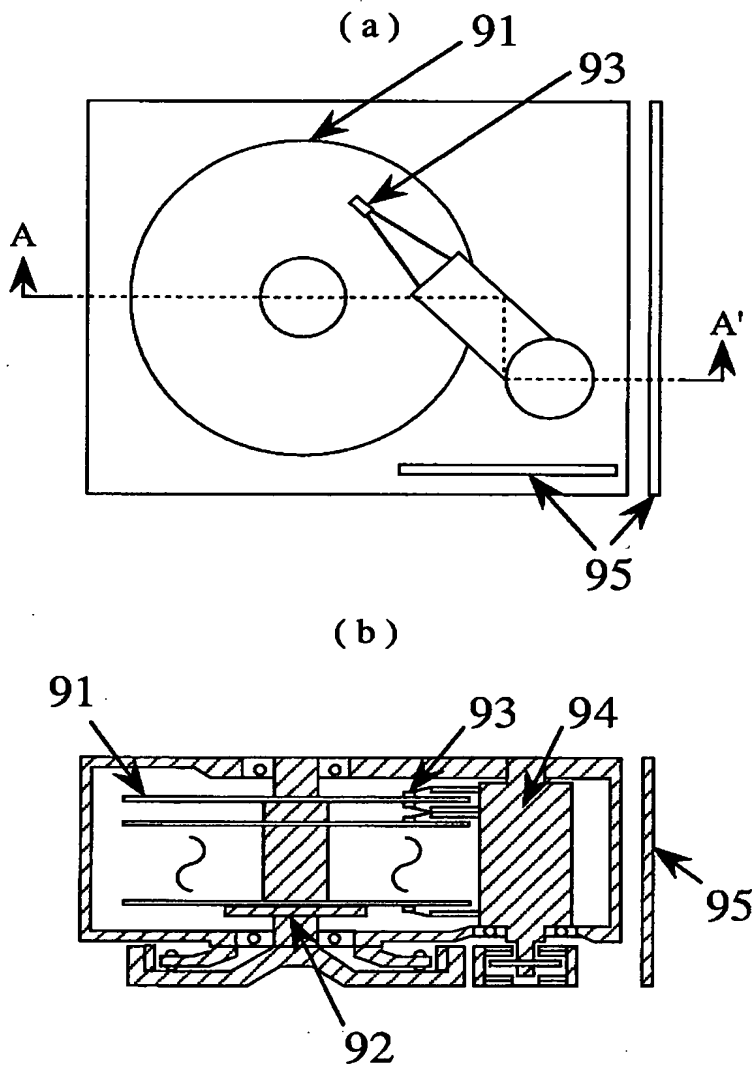
【図 7】



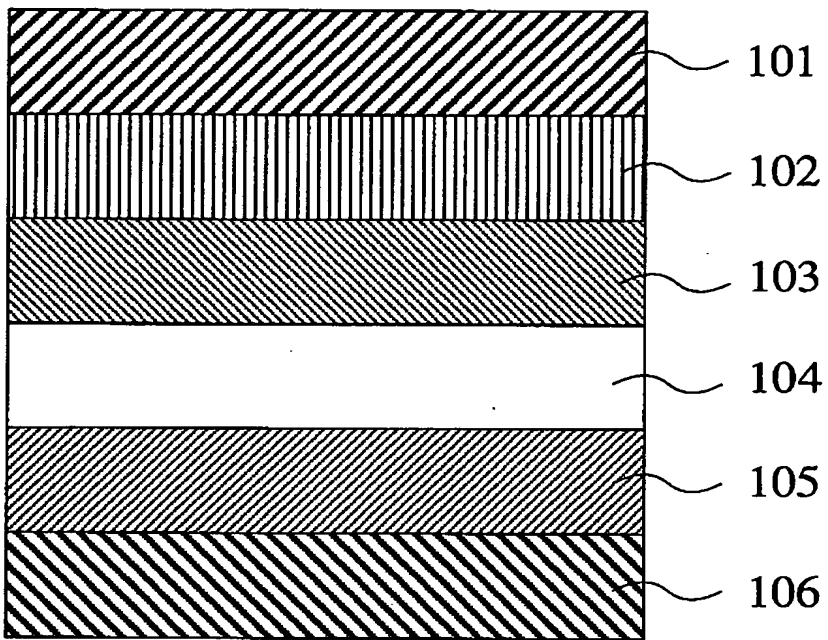
【図 8】



【図9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 1 平方インチあたり50ギガビット以上の記録密度で高い媒体S/Nを有する二層垂直磁気記録媒体と、エラーレートの低い、信頼性に優れた磁気記憶装置を提供する。

【解決手段】 基板 1 1 上に軟磁性下地層 1 2、中間層 1 3、垂直記録層 1 4 を順次積層してなる垂直磁気記録媒体において、中間層 1 3 をNiを主成分とし、Zrを含有する非磁性の非晶質合金とし、かつ、軟磁性下地層 1 2 を熱処理により析出した強磁性微結晶により構成する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所